SISTEMA DE RECIRCULACION MODULAR PARA USO FAMILIAR/MULTI-FAMILIAR.

Ana G. Trasviña Moreno, Margarita Cervantes Trujano
Eunice Perez Sánchez y Michael Timmons.

Instituto Tecnológico de Boca del Río.
ITBoca.

Veracruz, México, 2007.

USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

AQUACULTURE
CRSP

ITBOCA

CETRA

AGRADECIMIENTOS

Al instituto Tecnológico de Boca del Río, al Centro de Transferencia Tecnológica de Acuacultura, al Aquaculture Collaborative Research Support Program y a la Universidad Autónoma de Juárez Tabasco, por su apoyo para la elaboración de este proyecto. Así como a la familia Fierro por permitirme trabajar en su granja.

Denegación : Las opiniones expresadas en esto son ésos de los autores y no reflejan necesariamente las vistas de la Acuicultura CRSP, la Agencia de EU para el Desarrollo Internacional, ni las instituciones participantes.

RESUMEN

El diseño e implementación de sistemas de recirculación en México permitirá incrementar la tecnificación de la acuacultura y maximizar la producción. El modulo de recirculación que se diseño es para la engorda de tilapia, de primera instancia el módulo se implementó en el municipio de Alvarado, Veracruz, Ver. Cada módulo de recirculación constan de una tina de 1.9 m^3 , un filtro de calcetín, un filtro de cuentas de plástico, un filtro de lechos fluidizados, una bomba de ½ Hp y un reservorio de 60L. Todo el material y las herramientas utilizadas para la construcción del sistema son de fácil adquisición en cualquier parte de la República. En la Tabla I se presenta la información general de las características y requerimientos del sistema.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	
Volumen del tanque de cultivo	1.9 m^3
Número de tanques de cultivo	1 por módulo.
Volumen total de cultivo	1.4 m^3
Densidad de cultivo	30 Kg/m^3
Flujo	55.5 Lpm
Head requirements	
HP requeridos por el sistema	
Tiempo de Retención Hidráulica	25.22 min.
Capacidad de alimentación	6 Kg/d
Contenido de proteína en el alimento	35%
Filtro Biológico	Arena sílica: 0.0432 m^3 Cuentas de plástico: 0.086 m^3
Tipo de sustrato	Arena silica y cuentas de plástico
Sistema diseñado para tener una capacidad asimilativa de amonio de:	0.0432 Kg_{Tan}/día

ABSTRACT.

The design and implementation of recalculating systems in Mexico will increase the use of technology in aquaculture and in consequence enhance the production. The model was design for rearing Tilapia, the first trail of the system took place in Alvarado, Veracruz. Each system consists in one tank of 1.9 m^3, a bag filter, a floating bead biofilter, a fluidized bed sand biofilter, a pump of ½ HP and a 60 L reservoir. All the equipment and tools are easy to get in any part of Mexico at very low cost. In Table I it is presented the general information of the characteristics and requirements of the system.

CARACTERISTICS OF THE SYSTEM	
Rearing tank volume	1.9 m^3
Number of rearing tanks	1 per modulo.
Total rearing volume	1.4 m^3
Harvest density	30 Kg/m^3
Pumping requirements	55.5 Lpm
Head requirements	
HP needed for the system	
Hydraulic retention time for fish tanks	25.22 min.
Feeding capacity	6 Kg/day
Feeding protein content	35%
Biological filter	Sand: 0.0432 m^3 Plastic beads: 0.086 m^3
Type of media used	Sand y plastic beads
System design assimilative capacity for amonia:	0.0432 Kg_{Tan}/day

SISTEMA DE RECIRCULACIÓN MODULAR PARA USO FAMILIAR/MULTI-FAMILIAR.

Ana G. Trasviña Moreno, Margarita Cervantes Trujano, Eunice Pérez Sánchez y Michael Timmons.

Instituto Tecnológico de Boca del Río.
ITBOCA.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el agua es considerado un recurso vital limitado que debe administrarse de manera racional, ya que su abastecimiento condicionan el desarrollo de las actividades humanas (Martínez, 1997; García, 1999). En los sistemas de producción acuícola, el uso del agua debe administrarse optimizando el volumen empleado y disminuyendo el vertimiento de aguas residuales con altas cantidades de material orgánico, para así disminuir el posible impacto ambiental.

Ante dicha problemática, se han venido desarrollando e implementando en la acuacultura, el uso de Sistemas de Recirculación de Agua (SRA). Equipados con una serie de módulos de tratamiento para mantener su calidad en niveles adecuados para reutilizarla (Wheaton, 1977; Losordo, 1998; Moseby, 1999).

Los SRA se han venido desarrollado en los últimos treinta años y actualmente son los más intensivos en producción debido a la gran cantidad de organismos que pueden soportar por metro cúbico de agua (Timmons *et al.*, 2002). Su uso se ha implementado en la acuacultura cada vez con mayor frecuencia considerándose tecnologías limpias y ambientalmente adecuadas (Arredondo *et al.,* 1996).

En México no hay reportes de la utilización de SRA a nivel comercial, sin embargo, se han implementado en Instituciones de Investigación como el Centro de Investigaciones Científicas e Educación Superior de Ensenada (CICESE) y la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) en Baja California, el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) y el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) en la La Paz, B.C.S., en el Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA) entre otras. Adaptado la

tecnología utilizada en otros países para su diseño y construcción a escala experimental o en algunos casos a escala piloto. Sin embargo, la apropiación de tecnología extranjera para su implementación en condiciones regionales, es un proceso que en ocasiones no es adecuado a las condiciones tecnológicas, sociales, económicas y políticas de una región. Por lo que el desarrollo y la transferencia de tecnología, debe partir de la experiencia local y de la participación de los usuarios en todas las etapas del proceso (Hernández *et al.,* 2002).

México es el primer país en Latino América que reporta el cultivo de peces a partir de 1883, iniciando la piscicultura institucional con la construcción de un vivero de peces y la introducción de un lote de 500,000 huevos de trucha arco iris (Morales y Morales, 2005). Actualmente, se ubica en la posición número 27 como productor acuícola y se ha indicado que la actividad crece a un ritmo constante, misma que alcanzo en el 2004, la comercialización de más de 61 mil toneladas de productos acuícolas, lo que represento un incremento del 40% con respecto al año 2002 (Suárez, 2004). Destacando la producción de Mojarra Tilapia, que representa el 98% de la producción total nacional y que se cultiva en 2,821,837.11 Ha, con un valor aproximado de 600 millones de pesos anuales (DOF, 2004).

El estado de Veracruz destaca dentro de los primeros lugares en producción de tilapia. La acuacultura en el estado inició como una actividad de fomento a través del gobierno estatal y federal desde 1973, como una alternativa de producción de alimento (Sosa, 2003; Cervantes y Platas, 2006). Reta y colaboradores (2005) reportan que en Veracruz, el índice de uso de tecnología alto es del 6% y corresponde a las unidades con una producción promedio de 25 toneladas anuales. El 27% corresponde a las que tienen un índice de uso de tecnología medio con una producción de 6 toneladas anuales y el 67% corresponde a un índice bajo con producción promedio de 2 toneladas anuales. Dicho nivel de tecnificación en el cultivo afecta el rendimiento por unidad de producción y a su vez el nivel de ingresos. Dicha situación, es consecuencia de la poca experiencia técnica y empresarial de la mayoría de los productores.

Lo que indica que desde el inicio de la actividad, a la fecha, no se ha registrado un cambio significativo en el uso tecnológico de los productores, mismos que cultivan en Unidades de Producción Rural (UPR) las que carecen de planificación, control en la calidad del producto final, estudios de impacto ambiental y con un restringido margen de utilidad generando rendimientos bajos con respecto a los sistemas controlados, los cuales brindan mayor certidumbre en la producción y en la calidad del producto (Cervantes y Platas, 2006).

Sistemas de Recirculación Acuícola.

Para promover la tecnificación y el control en las UPR en el estado de Veracruz y en el marco de un proyecto binacional CRSP, se propone la implementación de Sistemas de Recirculación (SRA) acordes a las condiciones regionales, con el objetivo de reutiliza el agua cuantas veces el sistema lo permita en función de los módulos de tratamiento, minimizando los requerimientos de la misma e incrementar los niveles de bio-seguridad (Merino, 2005).

Una limitante en el uso de los SRA en México es el costo y la adquisición de sus componentes y de los módulos de tratamiento, lo cual varía en función de la localidad donde se requieran implementar. Sin embargo, es importante diseñar en México SRA acordes a las condiciones regionales que nos permitan maximizar la producción, con el menor capital de inversión (Losordo *et al.*,1992).

Para el diseño, se debe considerar la capacidad de carga y la producción acuícola que se quiere obtener, lo cual dependerá también de la calidad y cantidad de agua disponible en la zona. Cuando se implementan los SRA, el uso del agua se puede optimizar, reutilizándola mediante el control de su calidad a través la remoción de sólidos, de compuestos nitrogenados, y de la oxigenación en el sistema. Para lo cual se utilizan unidades de aireación/oxigenación, remoción de partículas, biofiltración, regulación de pH, remoción de CO_2, desinfección y regulación de temperatura (García *et al.,* 2005; Piedrahita, 2005b).

Dimensionamiento

El cultivo de cualquier especie, requiere primero de diseñar y planificar todo el proceso a seguir en el sistema de producción y después establecer la factibilidad técnica-económica del proyecto. Por lo que es necesario desarrollar la ingeniería conceptual, que consiste en definir los lineamientos generales del proyecto y establecer su viabilidad técnica y rentabilidad. Una vez establecido el plan y el proceso de producción, es necesario diseñar la granja, elaborar los planos y tramitar los permisos de construcción. Posteriormente se procederá a la construcción, el montaje y la puesta en marcha del sistema de acuerdo al proyecto. Una vez funcionando la granja, se deberá estandarizar y verificar con el plan original y la realidad del funcionamiento, de esta manera se podrán establecer las medidas correctivas para el buen funcionamiento de la unidad de producción (Barraza, 2005).

Concesión acuícola.

En México para poder instalar un sistema de cultivo acuícola con fines comerciales se requiere tramitar una concesión acuícola ante la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), para lo cual se necesitan los siguientes requisitos (CONAPESCA, 2006):

1.- Formato de solicitud CONAPESCA-01-027 (original).

2.- Documento que acredite la personalidad jurídica de quien promueve.

3.-Estudio técnico y económico (original y dos copias).

4.- Manifestación de impacto ambiental o informe preventivo o la autorización expedida por la autoridad competente (original o copia certificada).

5.- Original o copias certificadas de los documentos que acrediten la legal disposición de bienes, equipos e instalaciones mediante facturas, contratos de construcción o bien el programa de adquisición de bienes (cronograma) firmado por el representante legal (Artículos 5 de la Ley de Pesca y 9 de su Reglamento).

6.- Señalar los vértices del polígono especificados en coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos) y en UTM WGS84, así como la microlocalización del o los polígono(s) referido(s) en un mapa del INEGI a escala 1:50,000.

7.- Pago de derechos por el otorgamiento de la concesión de acuacultura comercial (Artículo 191-A, fracción IV de la Ley Federal de Derechos).

DISEÑO DE UN SRA.

A continuación se describe el diseño de un SRA ideado para ser utilizado en comunidades rurales en México. En todo los casos, se busca minimizar el costo del sistema y fomentar en el sector, el uso de tecnología, mediante sistemas controlados que les permitan ganar experiencia en el manejo tecnificado de la producción acuícola. Este diseño es una primera versión, que podrá ser adecuado a las condiciones ambientales, a la factibilidad financiera y a disponibilidad de equipo según la región del país donde se quiera implementar. El modulo está diseñado para una producción de 30kg/m^3 utilizando una ración alimenticia del 2% del peso corporal. De primera instancia el sistema se implementó en la granja La Piedra localizada en el municipio de Alvarado, Veracruz.

Componentes del sistema.

El sistema consiste de una tina de 1.54 m de diámetro por 1.11 m de altura y un volumen de 1.9 m^3 para el confinamiento de los peces. El módulo para el tratamiento de agua consiste en 1) un reservorio de 60 L y una bomba de ½ HP con un filtro mecánico diseñado con una bolsa de fieltro (calcetín) para retención de partículas 2) un filtro mecánico-biológico de cuentas de plástico y un filtro biológico de lechos fluidizados (Fig. 1).

Costos.

Los materiales que se utilizaron para la construcción del sistema, el PVC hidráulico, las tinas, bombas, etc., así como las herramientas son de fácil adquisición en cualquier parte de México. Los costos pueden variar según la región del país. En Veracruz el costo total por módulo fue de $12,955 M/N (Tabla 1 y 2).

Figura 1.- Fotografía del sistema de recirculación.

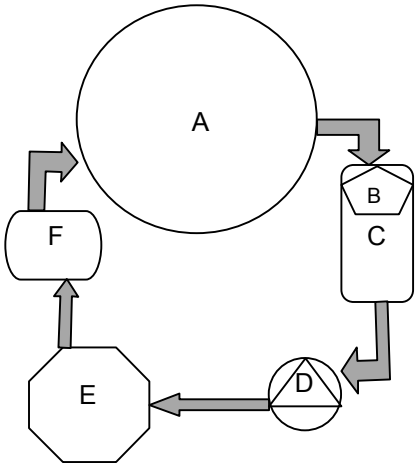

Figura 2. Componentes del SRA: (A) Tina, B) Calcetín, C) Reservorio, D) Bomba, E) Filtro de cuentas de plástico y F) Filtro de lecho fluidizado) y dirección del flujo del agua a través del sistema .

Para la construcción del sistema es necesario comprar el material que se enlista en la Tabla 1 y 2.

Tabla 1.

Material de PVC hidráulico necesario para la construcción del modulo de recirculación (precios del 2006).

CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS	P. UNITARIO	IMPORTE
1	Tramo de 6 m de PVC hidráulico de 2”.	$162.00	$162.00
1	Tramo de 6 m de PVC hidráulico de 1”	$44.00	$44.00
1	Tramo de 1 m de PCV hidráulico de 1 ¼”.	$12.00	$12.00
1	Tramo de 3 m de PVC hidráulico de 12”	$3,500.00	$3,500.00
7	Codos de 90° de 2” de PVC hidráulico.	$45.00	$315.00
2	Codos de 1” para cementar de PVC hidráulico.	$4.00	$8.00
1	Codos de 45° de 2” de PVC hidráulico.	$45.00	$45.00
4	Conector hembra roscable de 2” de PVC hidráulico.	$52.00	$208.00
6	Conectores macho roscable de 2” de PVC hidráulico.	$52.00	$312.00
1	Conector macho roscable de 1” de PVC hidráulico.	$3.00	$3.00
3	Conectores macho roscable de 1 ¼” de PVC hidráulico.	$4.00	$12.00
1	Conector hembra roscable de 1 ¼” de PVC hidráulico.	$4.00	$4.00
3	Válvulas esfera de 2” para cementar de PVC hidráulico.	$142.00	$426.00
1	Válvula de esfera de 1” de PVC hidráulico	$150.00	$150.00
1	Tee de 2” para cementar de PVC hidráulico.	$25.00	$25.00
1	Tee de 1” para cementar de PVC hidráulico.	$5.00	$5.00
1	Reductor de 2” a 1” de PVC hidráulico	$19.00	$19.00
2	Tapón de PVC hidráulico de 2”	$4.00	$8.00
SUBTOTAL			**$5258**

Tabla 2.

Material para la construcción del modulo de recirculación (precios del 2006).

CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS	P. UNITARIO	IMPORTE
1	Tina marca Plastinak . Diámetro: 1.54 m, altura: 1.11 m y volumen: 1.9 m^3	$4000.00	$4000.00
1	Caja plástica de 60 L	$100.00	$100.00
1	Contenedor plástico de 200 L	$250.00	$250.00
1	Bote de pegamento para PVC de 500 mL	$120.00	$120.00
3	Saco de 25 Kg de cuentas esféricas de polietileno de baja densidad.	$536.00	$1,608.00
2	Sacos de 25 Kg de arena sílica de (±0.84 mm)	$60.00	$60.00
1	Base circular de madera de 1” de espesor y 12” de diámetro	$30.00	$30.00
1	Circulo de acrílico de 5 mm de espesor y 12” de diámetro.	$35.00	$35.00
3	Rollo de teflón 1”	$5.00	$15.00
10	Tornillos de punta fina 1”		
1	Tubo de silicón frío	$40.00	$40.00
3m	Tela de fieltro blanco.	$10.00	$30.00
3	Lija mediana	$3.00	$9.00
1	Bomba centrífuga EMCO marca Bonasa 15 gpm	$950.00	$950.00
1	Válvula check de bronce de 2”.	$450.00	$450.00
SUBTOTAL			**$7697**

Así como las herramientas que se enlistan a continuación:

1) Taladro.
2) Sierra circular eléctrica de mano.
3) Rectificadora.
4) Caladora eléctrica.
5) Arco segueta.
6) Llave Stealson.
7) Extensión eléctrica.
8) Marcador.
9) Cinta métrica.
10) Pinza cortadora de tubo de PVC.
11) Desarmador de cruz.
12) Broca corona de 1” y 2”.
13) Broca.

La construcción se llevará a cabo de acuerdo al siguiente procedimiento:

Filtro de calcetín.

El filtro de calcetín sirve para la retención de partículas mayores a 10 μm del flujo de agua que procede de la tina de cultivo. Tiene forma de bolsa de 1 m de largo por 20 cm de diámetro y esta hecho de tela de fieltro (material muy económico y de fácil adquisición en cualquier ciudad de México). El sistema también cuenta con un cordel que permite el ajuste y sostén del calcetín a la tubería (Fig.3).

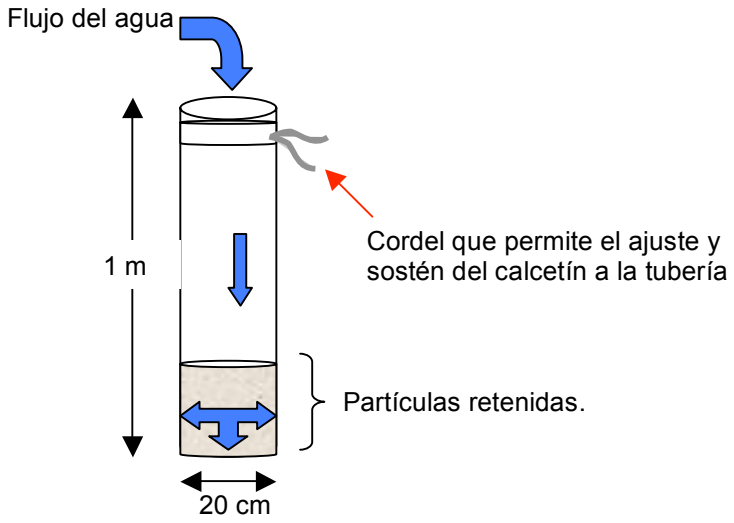

Figura 3.- Funcionamiento del filtro de calcetín.

Construcción del filtro de lechos fluirizados.

El filtro de lechos fluirizados asegura que el flujo de agua expanda la arena para que las partículas presenten una mayor superficie de contacto como sustrato de las bacterias y efectuar una filtración biológica mas eficiente (Fig. 4).

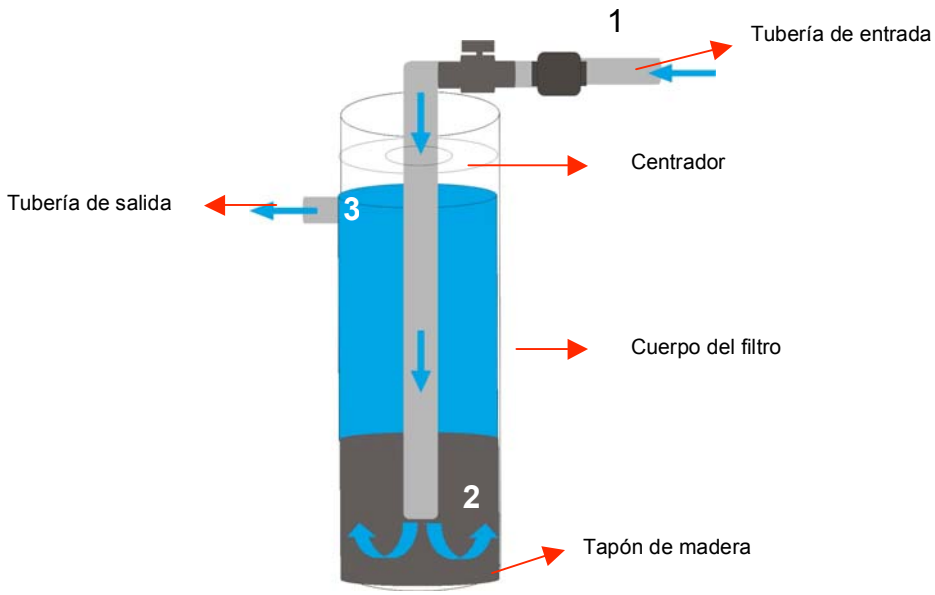

Figura 4. Esquema del funcionamiento del filtro de lechos fluidizados. 1) Entrada de agua, 2) el agua pasa por la arena y 3) salida del agua tratada. ■ Arena.

1.- El cuerpo del filtro consiste en un tubo de PVC hidráulico de 12¨ de diámetro. Con una cinta métrica se mide 1.5 m de largo sobre el tramo de PVC y se marca con un plumón. Para cortarlo se utiliza la sierra circular eléctrica de mano. Mientras se esté utilizando la sierra, es necesario que se cubra sus ojos con gafas y utilice guantes para evitar un accidente. Una vez cortado el tramo, suavice las orillas con una lija.

2.- Para sellar la base del tubo se utilizará un tapón de madera de cedro de 1” de espesor, previamente tratado con resina para evitar que la madera absorba el agua.

El tapón se fijará con tornillos, por lo se marcaran 4 puntos equidistantes alrededor del tubo a una distancia de 1.3 cm del suelo. Con el taladro y la broca se hacen los orificios y se posiciona el tapón colocando los tornillos con un desarmador de mano. Por último se sella el tapón para evitar fugas (Fig. 5).

Figura 5.

3.- En la parte superior del tubo, se colocará un molde circular de acrílico con la finalidad de 1) mantener en posición la tubería de la entrada y 2) permitir el funcionamiento del filtro.

Para elaborar la tapa de acrílico se utiliza una hoja de acrílico, la cual se marcará con el plumón, un círculo de 12” de diámetro y se cortara con la caladora.

Una vez cortado, se localizara el punto central para perforar un orificio central con el taladro y La broca circular de 2” por donde pasará la tubería y se colocarán cuatro tornillos de punta fina para sostener el centrador (Fig. 6).

Figura 6.

4.- De la parte superior del tubo hacia a bajo se miden 10 cm con una cinta métrica, se marcan con plumón y con el taladro de broca circular de 2” se perfora el orificio de salida del filtro. Se lijan todas las asperezas con el rectificador (Fig.7).

Figura 7.

Para la Tubería de salida se utiliza un conector macho roscable, un conector hembra de 2”, un tramo de PVC de 2” de 40 cm de largo y un codo de 45º de 2”. A la rosca del conector macho se le pone teflón (para evitar fugas) y se coloca en el orificio del lado exterior del filtro y el conector hembra en el lado interior y se enroscan. Se procede a lijar

Figura 8.

el lado interior del conector macho, ambos extremos del tramo de PVC y un extremo interior del codo de 45º y se unen las piezas con pegamento de PVC (Fig.8).

5.- Para instalar la tubería de entrada se utilizan las siguientes piezas: **a)** tramo de 1.4 m de tubería de PVC hidráulico de 2”, **b)** una válvula esfera de 2”, **c)** una válvula check horizontal, **d)** 3 tramos de 5” de largo de PVC de 2”, 2 codos de 90º de PVC hidráulico de 2” y 2 conectores macho roscables de 2”.

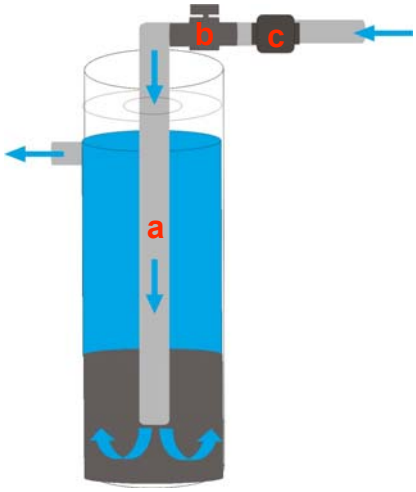

Figura 9

Antes de ensamblar las piezas, se lijan (uno de los extremos del tramo **a**, los dos extremos interiores de los codos, de la válvula esfera y los extremos cementables de los conectores macho) y se procede a pegarlas con pegamento para PVC de la siguiente manera.

Al tramo **a** del lado lijado se acopla con el codo de 90º y se une a la válvula esfera con el tramo **d** que funciona como conector ya que en un extremo se une con el codo y en el otro extremo con la la válvula esfera.

Figura 10.

Posteriormente la válvula esfera se acopla con el conector macho utilizando otro tramo **d**, siguiendo el mismo procedimiento. A la rosca del conector macho se le pone cinta teflón y se enrosca a la válvula check (**PRECAUCIÓN:** verifique el sentido del flujo de la válvula check). En el otro extremo de la válvula check se coloca de igual manera otro conector

macho. Y por último, utilizando un tramo **d** se pega un codo de 90º (Figura 10).

6.- Una vez ensambladas las piezas, se dejan secar durante una hora. Posteriormente se aplica silicón frío a todas las uniones para evitar fugas y se dejan secar durante 24hrs.

Construcción del filtro de cuentas de plástico.

El filtro de cuentas funciona como clarificador, ya que remueve los sólidos al mismo tiempo que funciona como biofiltro. Tiene la ventaja de que usa poco agua en los retrolavados. Generalmente son modelos compactos de fácil instalación y operación.

Para su construcción se utilizó un barril de plástico de 200 L de capacidad con una tapadera que cierra herméticamente por medio de un cinturón metálico, que le permite soportar la presión del agua cuando el sistema esta funcionando, además de facilitar el llenado del filtro con las cuentas (Fig. 11).

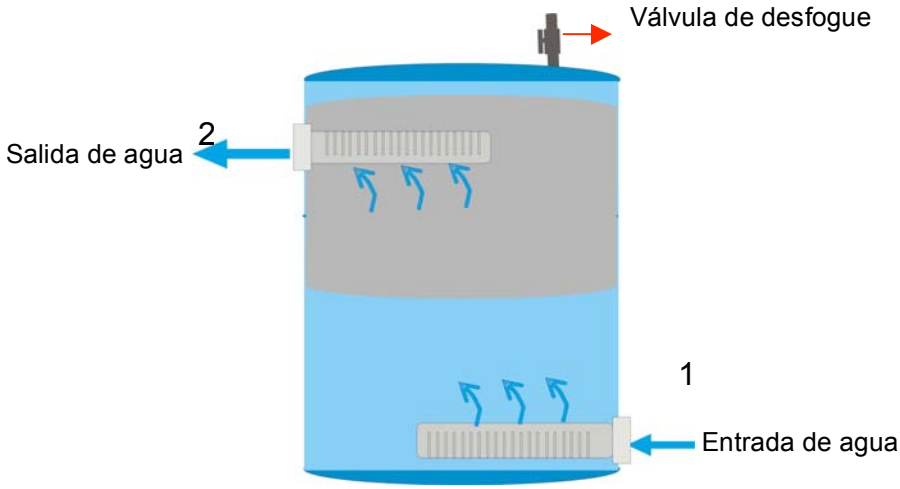

Figura 11.- Esquema del filtro de cuentas. ◯ Cuentas de plástico. 1) Entrada del agua y 2)salida.

1.- Se perforan dos orificios en el barril uno en la parte inferior a 1” del suelo para la entrada del agua y otro en la parte superior a 1” del filo del barril para la salida. Para ello se utiliza un taladro con broca circular de 2” y con el rectificador se liman las asperezas (Fig. 12).

Figura 12.

2.- En cada orificio se coloca un conector macho y un conector hembra. A los conectores macho se les pone teflón alrededor de la rosca y se utiliza la llave stealson para enroscarlos (Fig. 13).

Figura 13.

3.- Para la tubería de entrada y salida del filtro se utiliza: a) dos tramos de 40cm de largo de PVC hidráulico de 2” (**d**) y b) dos tapa de PVC de 2”. Se lijan ambos extremos de los tramos **d** y a cada uno de los extremos se le pega una tapa de 2” de PVC.

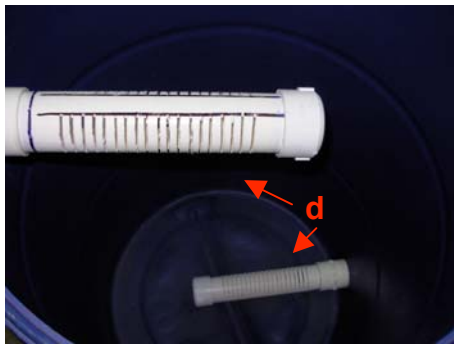

Figura 14.

Con un plumón se marcan 17 ranuras de 2 mm de ancho con una separación de 1 cm (Fig.14) y con el rectificador se procede a hacer las ranuras (esto sirve para el funcionamiento y retrolavado del filtro evitando el riesgo de pérdida de cuentas de plástico). Por último los tramos se pegan a los conectores.

4.- Se deja secar durante 1 hora el pegamento y se aplica el silicón frío a todas las uniones dejando secar por 24hrs.

Figura 15.

Ensamblado del sistema en la granja.

Para el ensamblado del sistema en la granja, en primer lugar se debe delimitar el área donde se va a colocar considerando la ubicación de la fuente de energía eléctrica y la toma general de abastecimiento de agua. Una vez determinada el área, se dimensiona la distribución de los componentes del sistema (tinas, filtros, bombas y reservorios), se mide la distancia entre ellos para establecer su distribución.

1.- Con la finalidad de mejorar la circulación del agua en la tina, así como evitar que los desechos se acumulen en el tanque y mantener el nivel del agua, el drenaje de las tinas se coloca en el centro de la tina.

Para su instalación se utiliza un conector macho y hembra, un tramo de PVC de 2" con 80 cm de largo. Con una cinta métrica se mide la base de la tina y se marca el punto central. Con el taladro y la broca circular de 2" se perfora el orificio y se liman las asperezas con la lija (Fig.16). Al conector macho se le pone teflón alrededor de la rosca y se coloca por la parte de adentro de la tina y el conector hembra por fuera, con ayuda de una llave Sitilson se enroscan ambos conectores (Fig. 17).

El tubo central se coloca con presión NO SE LE PONE PEGAMENTO (Fig.18).

Figura 16.

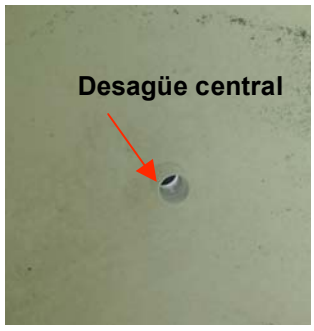

Figura 17.

Figura 18.

2.- Una característica de estas tinas, es que tienen una instalación de vaciado rápido por lo que solo se requiere instalar la llave. Para ello, se utiliza un conector macho de 1 ½", un tramo de 10 cm de largo de tubo de PVC de 1 ½" y una válvula esfera de 1 ½". Primero al conector macho se le pone teflón y se coloca con ayuda de la lleve Stilson en la tina,

después se lija la parte interior del conector macho, los dos extremos del tramo de PVC y uno de los extremos interiores de la válvula esfera. Se pegan todas las piezas con pegamento de PVC, como se ve en la Fig. 19.

Figura 19

3.- Para la parte final de la tubería de drenaje se utilizan:

4 codos de 90º de PVC de 2",

1 tramo de 75cm de tubería de PVC de 2" (**e**)

1 tramo de 70cm (**f**)

1 tramo de 30cm de PVC de 2" (**g**)

1 tramo de 40cm (**h**)

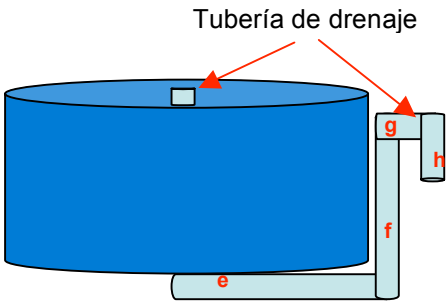

Figura 20.

Se lijan todas las piezas por ambos extremos, los codos por la parte interna y los tramos de PVC por la parte externa.

Las piezas se pegan en la siguiente secuencia:

1) Primero se une por medio de un tramo de 4" de PVC de 2" un codo con el conector hembra de la tina y al codo se le pega el tramo **e**, posteriormente se une otro codo que se pega el tramo **f** y así sucesivamente hasta el tramo **h** (Fig. 20).

4.- Antes de colocar las tinas en su lugar, se requiere verificar que el terreno se encuentre nivelado. Si el suelo es irregular, será necesario emparejarlo (Fig.21). Posteriormente, se deberá hacer un canal para distribuir la tubería de drenaje (Fig. 22). **PRECAUCION**: Tenga en mente que la bomba es el punto de partida para la ubicación de todos los componentes.

Figura 21.

Figura 22.

5.- Una vez listo el terreno, se colocaran las tinas, los filtros, la bomba y el reservorio en su lugar. Con la cinta métrica se medirá la distancia entre componentes y se cortan los tramos de PVC para conectar el sistema entre si. Entre menor sea la distancia y el número de codos entre los componentes mejor será la eficiencia de la bomba.

Figura 23.

6.- Es recomendable colocar la bomba sobre tabiques de concreto y cubrir con una caseta para evitar el contacto con el agua de posibles fugas o por la lluvia. En algunos casos será necesario ajustar la altura de todos los componentes.

Al conectar la bomba, observe que la entrada tiene un diámetro distinto al de la salida. (En la Figura 24 la bomba tiene una entrada de 1¼" y una salida es de 1").

Figura 24.

7.- Posteriormente se instala el reservorio del sistema, en algunos casos será necesario colocarlo sobre tabiques para nivelarlo con la bomba y darle soporte.

Al reservorio se le hace una perforación con el taladro y la broca circular de 1½", se liman las asperezas y se coloca un conector macho de 1¼" por dentro y por fuera se coloca el conector hembra de 1¼" y se enroscan. Para evitar fugas al conector macho se le pone teflón y una vez enroscados se sella con silicón frío alrededor de los conectores. En la entrada de la bomba se coloca un conector macho de 1¼", también debe llevar teflón alrededor de la rosca. Se utiliza un tramo de PVC de 1¼" para conectar la bomba con el reservorio.

Figura 25.

8.- Para controlar el flujo de agua de la bomba, se instalara una válvula de desfogue (Fig.25):

A la salida de la bomba se coloca un conector macho de 1" y se unirá una Tee de 1" en forma vertical con respecto a la bomba. La salida de arriba de la Tee se dirige al reservorio y la salida lateral hacia el filtro de cuentas de plástico.

Se mide la altura y la distancia que se requiere para que el desfogue del agua llegue al reservorio, y se procede a cortar los tramos de PVC de 1" para unirse con pegamento de PVC. Con un codo de 90º se dirige la tubería hacia el reservorio. Al final, a la tubería se le coloca una válvula esfera de 1" para controlar el flujo (Fig.25).

Ubicación de los Filtros

9.- Los filtros se ubican después de la bomba, colocando primero el filtro de cuentas y luego el lechos fluidizados. (Fig.26).

Figura 26.

En la entrada al filtro de cuentas se requiere instalar dos válvulas, 1) una para regular el flujo de la bomba al filtro y 2) otra para hacer el retrolavado. Para ello, se requiere cortar un tramo de 10 cm de largo de PVC de 2" y se pega una Tee de 2". De igual manera pegue

una válvula esfera de 2” a cada extremo de la Tee (Fig. 26). Considerando que la salida de la bomba es de 1” , es necesario poner un reductor a 1” a la válvula esfera. Posteriormente, mida la distancia entre la bomba y la entrada al filtro de cuentas, para unirlos utilizando un tramo de PVC de 1” (Fig. 27).

Figura 27.

10.- En este caso, el filtro de lechos fluidizados, se enterró aproximadamente 30 cm para darle mayor estabilidad y minimizar la distancia con el filtro de cuentas (Fig. 28). Para conectar ambos filtros, a la salida del filtro de cuentas de plástico se pega un codo de 90º y se mide la distancia entre los codos de ambos filtros para obtener la longitud del tramo **i** (Fig. 29). Se lijan ambos extremos del tubo, se aplica el pegamento para pegar al codo del filtro de cuentas y después al codo del filtro de lechos fluidizados.

Figura 28.

Figura 29.

Todas las uniones deben ser selladas con silicón frío para evitar las fugas.

Figura 30.

El sistema se deja durante 12 hrs. para permitir que la instalación selle y seque bien, transcurrido el tiempo se prosigue al llenado de los filtros.

El filtro de lechos fluidizados se llena con 43.2 Kg de arena sílica 20/40 (0.84 mm de diámetro en promedio).

El filtro de cuentas requiere 72 Kg de cuentas de plástico.

Es muy importante que los sistemas tengan la cantidad de sustrato asignada por lo que es recomendable pesarlos con balanza, ya que de ello dependerá el buen funcionamiento del sistema.

En la tubería de salida del drenaje (tramo **h**) de la tina se coloca el calcetín.

Posteriormente se llena el sistema y se pone en marcha para identificar las fugas durante las primeras 24 hrs. En caso de encontrar alguna, se procede a sellarlas con silicón.

El Ciclo del Nitrógeno y los Filtros Biológicos

Los filtros biológicos son importantes, por que en ellos se lleva a cabo la oxidación de los compuestos nitrogenados y es donde se transforma el amoniaco (compuesto altamente tóxico) en nitritos y nitratos (menos tóxico) mediante el ciclo del nitrógeno. El amoniaco debido a su toxicidad, es importante eliminarlo del sistema, lo cual se logra mediante la oxidación, biodegradación y nitrificación de las bacterias que se encuentran en los filtros biológicos en donde se lleva a cabo, parte del ciclo del nitrógeno (Piedrahita, 2005a).

Durante la filtración biológica el nitrógeno (N_2) que es incorporado al sistema, proviene de dos fuentes: una es la atmósfera y la otra es orgánica, producto de las proteínas y los aminoácidos generados en forma de excrementos y residuos como tejidos muertos, etc. mismos que se descomponen, principalmente en amoníaco (NH_3).

Por medio de la amonificación, el amoniaco se disuelve en el agua formando hidróxido de amonio, mismo que es susceptible a los cambios de temperatura, de pH y de salinidad. Con la presencia de las *Nitrosomonas* se lleva a cabo la nitrificación, las bacterias consumen el hidróxido de amonio en presencia de oxígeno y lo transforman en nitritos (NO_2). Las bacterias, *Nitrobacter* continúan el proceso de nitrificación convirtiendo los nitritos en energía y en nitratos (NO_3). Este proceso es continuo y con el tiempo los nitratos (NO_3-) se acumulan en el sistema, por lo que es recomendable realizar recambios periódicos del 1 al 10% del agua de acuerdo al sistema (Huguenin y Colt, 1989; Dawes, 1991).

Activación del Filtro Biológico

Para llevar a cabo la degradación de los compuestos nitrogenados, se requiere que el filtro biológico se encuentre activo o maduro. Es decir, que tenga suficientes bacterias para llevar a cabo dicho proceso. Por lo que se recomienda que antes de introducir a los peces al SRA se lleve a cabo la activación, misma que requiere de 20 a 45 días para estabilizarse.

La activación se puede realizar:

1) Utilizando productos químico (nutrientes o bacterias).

2) Introducir una densidad baja de organismos al sistema los cuales van a proveer alimento para las bacterias y de esta manera ayudan a la activación del filtro (Cline, 2005).

En los filtros biológicos, el control del pH es muy importante ya que puede generar problemas en la acción nitrificadora. Durante el ciclo del nitrógeno las bacterias consumen al grupo hidroxilo $(OH)^-$ bajando el pH, lo que aumenta la concentración de CO_2. En sistemas donde la tasa de recambio es baja como en los SRA, el CO_2 se puede acumular hasta niveles tóxicos, ocasionando el aumento en las concentraciones de amoniaco y/o de nitrito (Piedrahita, 2005a).

Manejo del sistema.

El SRA sistema esta diseñado para obtener una biomasa final por módulo de 30 Kg/m^3, alimentando el 2% del peso corporal.

Para establecer dicha biomasa, se llevaron a cabo una serie de cálculos matemáticos que garantizan la capacidad de carga del sistema con base en el **balance de masas** previamente establecido y lo que nos permitió calcular una serie de especificaciones técnicas para los filtros (Tabla 3 y 4).

Tabla 3

Especificaciones del filtro de lechos fluidizados.

Características	Valores
P_{TAN}	0.0432 Kg TAN d^{-1}
Volumen de arena.	0.0432 m^3
Arena.	43.2 Kg
Altura del filtro.	1.5 m
Área de la base del filtro.	0.0288 m^2
Velocidad de fluidización.	2.39 cm/s
Flujo.	**41.27 Lpm**
Vol./día	58090.65 L/día
Recambios.	30.57

Tabla 4

Especificaciones del filtro de cuentas de plástico.

Características	Valores
Producción de TAN	0.0432 Kg_{Tan}/día
Volumen de medio	0.086 m^3
Peso del medio	86 Kg
Flujo	**55.5 Lpm.**

Uno de los factores mas importante a considerar en el SRA es el flujo de agua, es decir, la velocidad de recambio de agua que se requiere para que el filtro remueva la carga de nitrógeno amoniacal total (TAN). Con base en el balance de masas y las características de los filtros del SRA, se determino que el flujo mínimo que requiere es de 55.5 Lpm.

Condiciones de cultivo.

Los organismos se alimentarán con una dieta en forma de extruído flotante en diferentes porcentajes del peso corporal repartido en tres raciones alimenticias al día (8am, 12pm y 4pm) durante el periodo de engorda (Tabla 5). De esta manera se promueve que los peces aprovechen al máximo el alimento y se minimice el desperdicio del alimento.

Tabla 5

Régimen alimenticio para Tilapia.

Peso Promedio (g)	% Alimento	Días
2	10	30
25	10	30
200	4,5	60
450	2,5	80

Es importante tener un control de la calidad del alimento suministrado, conservándolo en un lugar adecuado para evitar que por la humedad genere la presencia de hongos y bacterias patógenas que lo puedan deteriorar y a la vez ser un vector de contaminación cuando se agregue al cultivo.

Biometrías.

Se deberán pesar y medir treinta organismos cada 15 días durante el periodo de engorda y si no es posible, es recomendable hacerlo al inicio y al final de ciclo de producción. Es muy importante anotar la información en una tabla de control y monitoreo (Tabla 6) para así documentar el crecimiento y la ganancia en peso de los organismos.

Tabla 6.

Hoja de registro de biometrías.

Nombre:		
Fecha:		
Número de estanque:		
Organismo	**PESO (g)**	**LONGITUD TOTAL (cm)**
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		

Calidad del agua

Los parámetros de calidad de agua, para el cultivo de la tilapia varían con respecto al estadio del organismo, aunque en términos generales pueden crecer en un intervalo de temperatura de 24 a 29º C, de oxígeno disuelto mayor a 5 mg/L y el amonio a menos de 0.1 ppm/L (Tabla 7).

Tabla 7

Rangos óptimos en el cultivo y reproducción de la Tilapia (Díaz,1981; Timmons *et al.,* 2002).

PARÁMETROS	RANGO ÓPTIMO
Temperatura °C	24 a29
Oxígeno disuelto (mg/L)	> 5
CO_2 (ppm/L)	< 30
Salinidad (ppm)	< 20
PH	6.5 – 7 – 8.5
Turbidez (ppm/L)	< 25
Amonio (ppm/L)	< 0.1
Nitritos (mg/L)	< 4.6
Nitratos (mg/L)	0-400

Se recomienda determinar la concentración de amonio total (NH_3-NH_4), nitritos (NO_2) y nitratos (NO_3) al menos una vez a la semana después de la activación del filtro biológico. También es necesario llevar un registro diario de la concentración de oxígeno (O_2) y la temperatura (ºC) en formatos, ya que esta información es necesaria para la contabilidad de la granja, lo que permitirá establecer el rendimiento del sistema y el margen de utilidad.

Es necesario contar con un equipo de monitoreo de la calidad del agua para medir al menos dos veces a la semana si el amonio aumenta, ya que junto con el oxígeno son parámetros que se deben de mantener en condiciones adecuadas en el cultivo para evitar la mortalidad masiva de los peces.

En caso de que uno de los parámetros se llegue a encontrar fuera de los rangos óptimos, será necesario realizar un recambio de al menos el 20% del agua para estabilizar las condiciones de calidad del agua.

También es recomendable contar con la asesoría de un experto reconocido para resolver cualquier problema que pudiera presentarse en el sistema durante el cultivo.

Tabla 8.

Formato de registro para la calidad del agua.

Nombre:					
Estanque:					
Fecha:					
FECHA	**PARAMETROS**				
	Temperatura (C°)	**Oxígeno (mg/L)**	**Amonio**	**Nitritos**	**Nitratos**

Conclusión.

- La aplicación de los SRA en granjas familiares representa una alternativa de producción que permitirá el ahorro de agua, espacio y mejorar la calidad del producto final.
- Todos los materiales que se utilizaron son de bajo costo y de fácil adquisición en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río.
- La construcción del sistema se puede realizar entre dos personas y no requiere de herramientas especiales.
- El sistema permitirá la engorda de 30 Kg/m^3 en 1.9 m^3 en un tiempo aproximado de 6 meses. O bien puede ser utilizado para alevinaje o como sistema de cuarentena.

Bibliografía.

Arredondo F.J.L, Campos R., Villareal E., Rodríguez A., Sánchez P., Ingle G. y Ibáñez A.L.,1996. **Descripción, operación y resultados de un sistema de recirculación cerrado para acuacultura.** Contactos. México. 18, 33-38.

Barraza J. 2005. **Dimensionamiento de centros de cultivo de Abalón a flujo abierto.** En: Curso-Taller de Recirculación de Agua Aplicado al Cultivo de Moluscos. Universidad Católica del Norte. Coquimbo Chile. 150pp.

Cervantes T.M. y Platas P. A.L., 2006. **Estadísticas de la actividad acuícola en el estado de Veracruz, México.** En: Taller "Diseño de sistemas de recirculación en el estado de Veracruz, como base de una acuacultura empresarial y ambientalmente sustentable".

Cline D., 2005. **Constructing a simple and inexpensive Recirculating Aquaculture System (RAS) for classroom use.** Southern Regional Aquaculture Center. E.U.A. No. 4501. 11pp.

Dawes C.J. 1991. **Botánica marina.** Editorial Noriega Limusa. México. 673p.

Díaz M. 1981. **Manual técnico para el cultivo de tilapia en los centros acuícolas de la Secretaria de Pesca**. Secretaría de Pesca. México. 202p.

García G.G., Trujano M.C. y Trasviña A.G., 2005. **Descripción del manejo y evaluación de la calidad del agua en la granja de tilapia "El Salmoral".** En: XII Congreso Nacional en Ciencia y Tecnología del Mar.

Hernández M.M, Reta M.J.L., Gallardo L.F. y Nava T.M.E 2002. **Tipología de productores de mojarra Tilapía (*Oreochromis spp*): base para la formación de grupos de crecimiento productivo simultaneo (GCPS) en el estado de Veracruz, México.** Tropical and subtropical agroecosystems. 1: 13-19p.

Huguenin J.E. y Colt J. 1989. **Design and operating guide for aquaculture seawater systems**. Editorial Elsevier. E.U.A. 263p.

Losordo M.T., Rakocy J.E. y Maeser M.P., 1992. **Recirculating Aquaculture Tank Production Systems component options.** Southern Regional Aquaculture Center. E.U.A. No. 453. 12pp.

Merino G.E., 2005. **Tecnología de recirculación de agua aplicada al cultivo de moluscos.** En: Curso-Taller de Recirculación de Agua Aplicado al Cultivo de Moluscos. Universidad Católica del Norte. Coquimbo Chile. 150pp.

Morales Q.V.V. y Morales R.R., 2005. **Síntesis regional del desarrollo de la acuicultura 1 América Latina y el Caribe.** FAO Circular de Pesca N°1017/1. 194pp.

Piedrahita R.H., 2005a. **Sistemas de recirculación en acuacultura.** En: Curso-Taller de Recirculación de Agua Aplicado al Cultivo de Moluscos. Universidad Católica del Norte. Coquimbo Chile. 150pp.

Piedrahita R.H., 2005b. **Biofiltración en acuacultura.** En: Curso-Taller de Recirculación de Agua Aplicado al Cultivo de Moluscos. Universidad Católica del Norte. Coquimbo Chile. 150pp.

Reta M.J., Dworak R.H., Luna F.J., Hoyos A.A. y Coello A., 2005. **El cultivo de tilapia en Veracruz, México**. Panorama Acuícola. Vol. 10 No. 4. 72pp.

Suárez G. 2004. **Dinamismo de la Acuicultura Mexicana**. Periódico Mural publicado 19 de marzo del 2004.

Timmons M.B., Ebeling J.M., Wheaton F.W., Summerfelt S.T. y Vinci B.J., 2002. **Recirculating aquaculture systems**. Northeastern Regional Aquaculture Center. E.U.A. 769pp.